

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TM 285 – MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

**CURITIBA
DEZEMBRO / 2011**

1 – INTRODUÇÃO

1.1 - Conceitos

Do dicionário: { Manutenção = Ato de manter
{ Manter = Sustentar, defender

Exemplos: manutenção da saúde, manutenção do patrimônio, etc.

Patrimônio: Bens móveis e imóveis, dentre eles “EQUIPAMENTOS”.

Equipamento: Conjunto de utensílios necessários à realização de uma tarefa.
(Exemplos: Esportivo, urbano, transporte, industrial.)

Definição 1

Manutenção, no campo da engenharia, é “sustentar” equipamentos com as características originais que foram construídos.

OU

Defender os equipamentos das perdas das características originais que foram construídos.

Portanto para:

Equipamento Industrial → Manutenção Industrial

Definição 2

Manutenção industrial é sustentar o equipamento industrial com as características que foi construído.

1.2 – Evolução da Manutenção

- Por que fazer manutenção?

- Para impedir ocorrências resultantes da perda das características originais do equipamento, ou seja:

- Interrupção do processo produtivo;
- Surgimento de riscos;
- Acidentes;
- Custo de reposição do equipamento;
- Desperdícios;

- Desgaste ambiental

Histórico – Para suprir a Interrupção do Processo Produtivo → Mal necessário

→ Parte do processo produtivo

Ocorrência de Falha → Reparo

Falha: 1 – Cessaçãõ da função requerida;

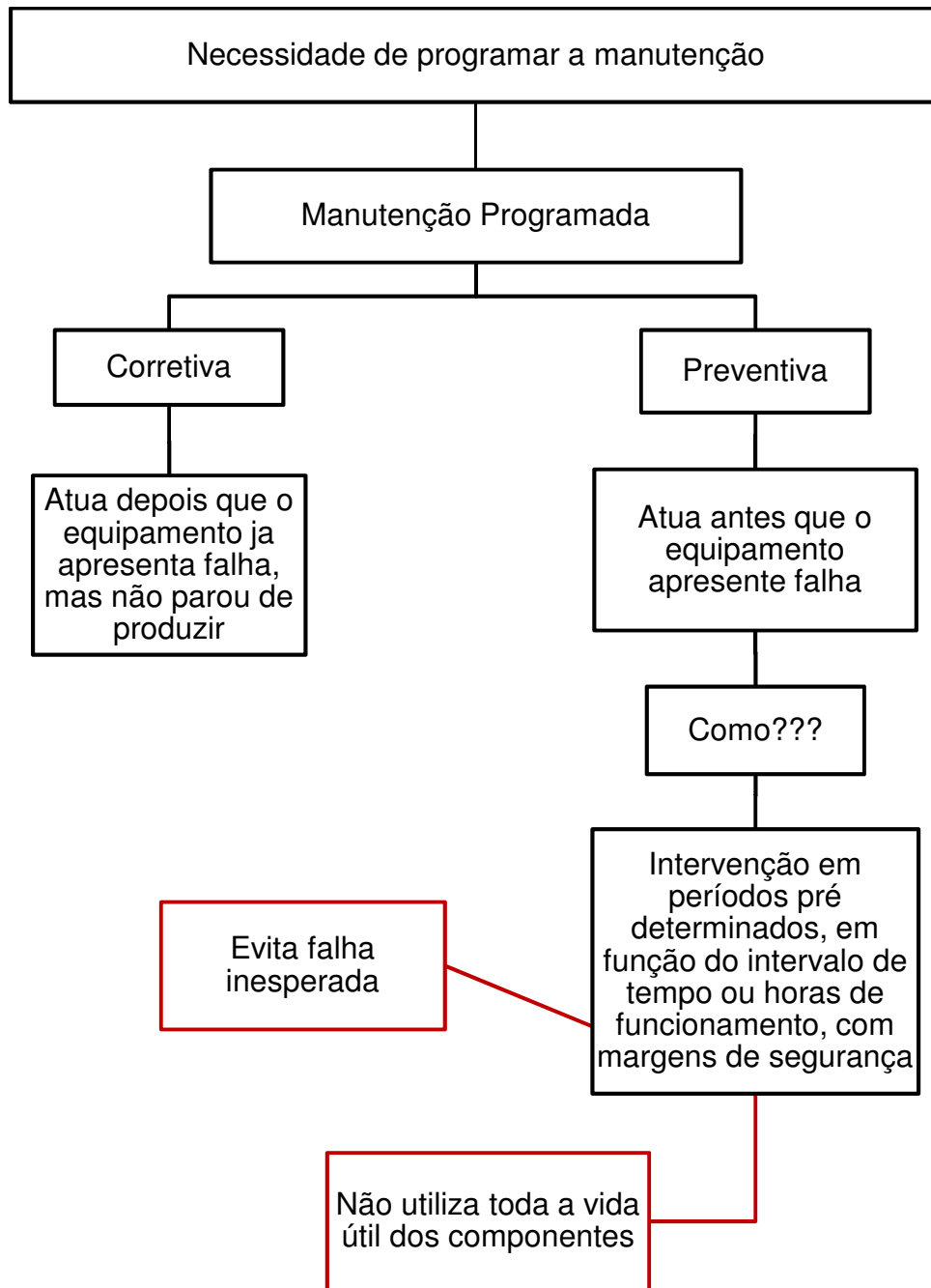
2 – Incapacidade de satisfazer a um padrão de desempenho definido.

Reparo → Eliminação da falha → Corrigir o defeito de forma que o padrão de desempenho seja reestabelecido → **MANUTENÇÃO CORRETIVA**

Consequências: Equipamento falha em situações críticas!

Gerando:

- Quebra na produção;
- Não cumprimento de contrato;
- Acidentes;
- Responsabilidade civil e social.



Portanto → Custo elevado → Desperdício → Meio ambiente

Com o objetivo de ampliar o intervalo de interrupção utilizando toda a vida útil dos componentes



Monitoramento de parâmetro até um limite estabelecido
(desgaste, corrosão, deterioração, etc.)

→ Programa a intervenção a partir do monitoramento
↳ prevê antecipadamente a ocorrência da falha



Manutenção Preditiva

Compara com um parâmetro
(Ex: Vibração)

Manutenção Detectiva

Detectar falhas imperceptíveis
(Ex: Termografia para
detecção de trincas)

2 – TIPOS DE MANUTENÇÃO

2.1 – Manutenção Corretiva

É a atuação para a correção da falha.

"Falha: " {
- Cessação da força requerida → falha aleatória (quebra) → Emergência →
→ correção da falha de maneira aleatória
- Incapacidade de satisfazer a um padrão → desempenho deficiente mas ainda
é capaz de realizar a função → Ex: redução da velocidade da produção →
→ permite programar → não emergencial

Manutenção Corretiva → Atuação em fato já ocorrido → { Quebra → Aleatória → Emergencial
Deficiência → Programada

Manutenção Corretiva Programada:

Corrige o desempenho em tempo menor que o esperado em um momento determinado por decisão gerencial.

Permite um planejamento que define:

- Quando parar → Fatores { Produção
Segurança
Disponibilidade dos recursos
- Recursos necessários → { Pessoal, Material, Ferramentas
Sobressalentes, transportes, etc.

Reduz os efeitos nocivos ao processo produtivo.

Viabilidade de Programar:

- Modo de falha:
{ Progressivo: Desgaste da vedação de um cilindro hidráulico → anéis do Pistão
{ Repentino: Lâmpada
- Riscos: Ao processo produtivo, à qualidade do produto, às pessoas, ao meio ambiente.

Conclusão: A manutenção corretiva deve ser sempre minimizada, mas sempre está sujeita a ocorrer.

Engenheiro de Manutenção → Por que ocorre a falha? → o que pode ser feito para que não ocorra novamente?

2.2 – Manutenção Preventiva

Atuação realizada de forma a evitar a ocorrência da falha (quebra ou desempenho), por meio de um “plano” previamente elaborado, baseado em “intervalos” definidos.

Intervalos {
 Horas de funcionamento
 Tempo decorrido (Dia, semana, mês, ano)
 Km percorridos
 Etc.

Manutenção Preventiva $\xrightarrow{\text{META}}$ Evitar a ocorrência da falha →Prevenir

Definição do Intervalo:

- Informações do fabricante;
- Comparação com situações semelhantes;
- Experimentação.
- Margem de segurança → porque o que se pretende é impedir a ocorrência de falhas → muitas vezes custa caro, mas custa menos do que a falha.

Variáveis externas que afetam na definição do intervalo: Condições severas, maresia, lama, pó, atmosfera corrosiva, etc.

Custos da Falha { **Direto** →preço do reparo
Indireto →Imagem da marca, indenizações, danos morais.

Intervalos inadequados (responsáveis por elevar o custo de manutenção):

- Ocorrência da falha antes de completar o período → provoca uma corretiva;
- Intervenção desnecessária (substituições prematuras)

Fatores que recomendam a Manutenção Preventiva:

- Alta simplicidade na reposição/substituição;
- Alta relação $\frac{\text{Custos da Falha}}{\text{Costo da Reposição}}$
- Elevados riscos (pessoal, ambiental, etc.)

Fatores que não recomendam a Manutenção Preventiva:

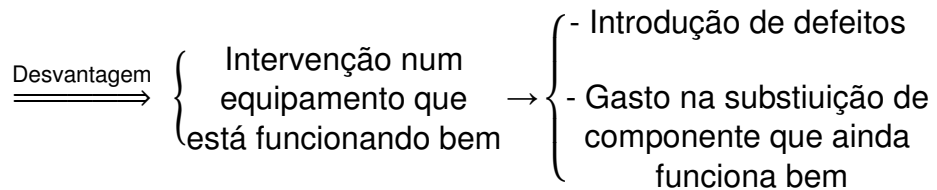
O equipamento está funcionando realmente bem → Intervenção → Introdução de defeitos por:

- Falha humana;
- Falha de sobressalentes;
- Contaminações (óleo, água, filtro, etc.);
- Danos na parada/partida;
- Procedimentos inadequados.

2.3 – Manutenção Preditiva

A manutenção preventiva apresenta desvantagens

Manutenção Preventiva



Buscando evitar a preventiva mas sem gerar corretiva



Atuar com base em modificação de um parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática



Manutenção Preditiva = Manutenção sob condição = Manutenção com base no estado do equipamento

	Objetivo	Métodos
Man. Preventiva	Prevenir a ocorrência de falhas	Intervenções/Substituições em intervalos pré-programados
Man. Preditiva	Prevenir a ocorrência de falha	Intervenções/Substituições determinados por um limite de condição/estado

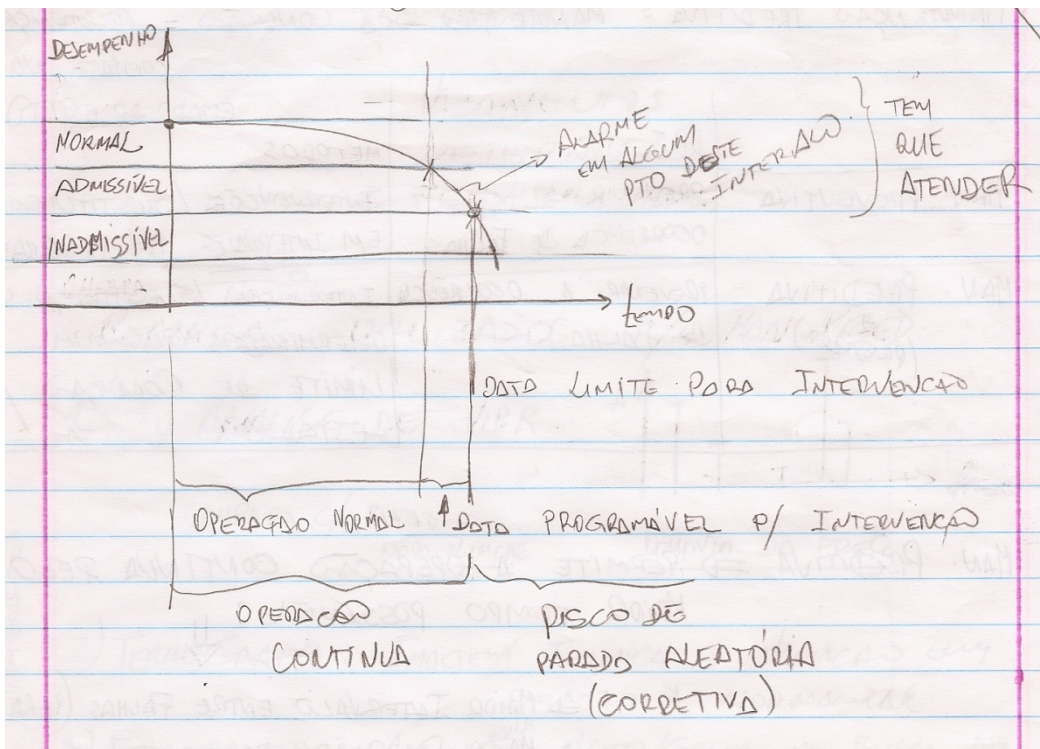
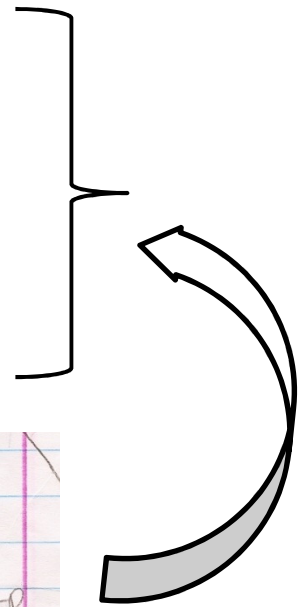
Manutenção preditiva → Permite a operação contínua pelo maior tempo possível:

- Maior intervalo entre falhas (paradas);
- Maior disponibilidade;
- Menor interferência na produção;
- Menor custo.

Manutenção Preditiva → Quando Fazer? → Determinar um limite seguro para o estado/condição operacional do parâmetro controlado.

Limite Seguro:

- Impedir {
 - Ocorrência aleatória da falha;
 - Acidentes;
 - Interferências na produção.
- Permitir o planejamento da parada {
 - Materiais;
 - Peças sobressalentes;
 - Equipamento;
 - Pessoal.



Motivos para manutenção Preditiva = aos da Manutenção Preventiva, porém com redução de custos e aumento da disponibilidade.

Condição Fundamental para Implantação de Manutenção Preditiva

As possíveis falhas devem ser oriundas de causas que possam ser MONITORADAS (Medição e Progressão).

Exemplos:

- Lâmpada incandescente:
- Rolamento:
- Pneu:
- Lubrificantes:
- Corrosão:

Custos de Manutenção Preditiva:

- Adicionais da Preditiva em relação à Preventiva:
 - { - Implementação → Sistemas de Medição / Monitoramento
 - { - Operacionais → Pessoal para rotina de Monitoramento
- Adicionais da Preventiva em relação à Preditiva:
 - { - Maior número de paradas → Mais interrupções na produção
 - { - Substituição de componentes em menores intervalos
 - { - Consumo de materiais
 - { - Etc.

Monitoramento:

Observação do parâmetro de controle:

- { - Contínua (on-line) → Operador
- { - Periódica → Pessoal específico

Exemplo de Parâmetro de Controle:

- Desgaste:
 - { - Folgas
 - { - Vibrações
- Corrosão;
- Vazamentos;
- Deterioração;
- Flexibilidade.

Recursos Utilizados para Manutenção Preditiva:

Exemplos:

- 1) Análise de Vibração: Compara-se com um padrão → define-se um novo limite;
- 2) Termografia: Imagem Térmica → Variação em relação à normalidade;
- 3) Ferrografia: Análise física do óleo/graxa na busca de partículas metálicas que indiquem o desgaste dos componentes → Mais partículas no óleo indica maior desgaste da peça (ferro, bronze, alumínio, etc.)
- 4) Ultrassom: Sons inaudíveis que indicam irregularidades (vazamentos de gases, defeitos na lubrificação)
- 5) Detecção de Trincas: Líquido penetrante, Ultrassom, Raios X, Partículas magnéticas, etc.

2.3 – Manutenção Detectiva

Detectar → Detetar

Detetar falhas ocultas em sistemas de proteção.

Exemplo: Shut Down System → Parada automática por:

- Excesso de Vibração;
- Excesso de Temperatura.

Evitando consequências muitas vezes catastróficas.

Detetar a falha, mas com o equipamento/planta operando.

Sistemas especiais para verificação (“checks”).

Falha:

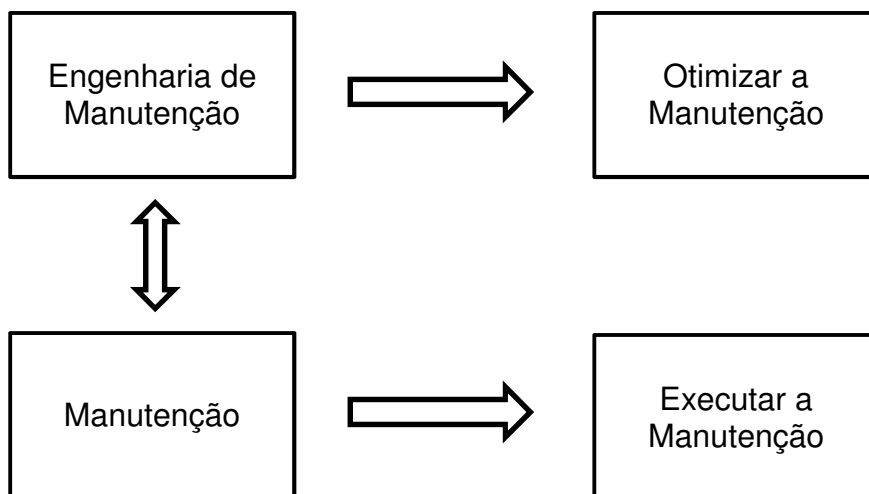
Não Atuação ou Atuação Indevida → Ex: ABS, Air Bag.

3 – ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

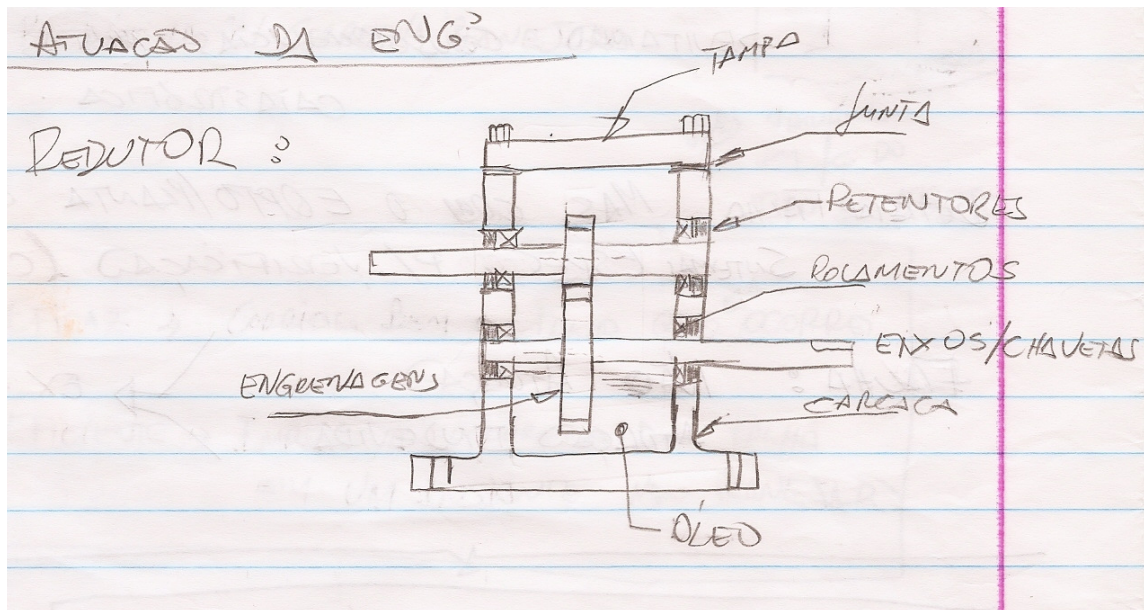
Consiste em deixar de ficar consertando continuamente evoluindo para:

- Procurar causas básicas;
- Modificar situações permanentes de mau desempenho;
- Eliminar problemas crônicos;
- Melhorar padrões e sistemáticas;
- Desenvolver Manutenibilidade;
- Fornecer informações ao projeto/fabricante;
- Interferir tecnicamente nas compras;
- Planejar intervenções;
- Treinar pessoal;
- Reduzir custos;
- Etc.

Enfim → Otimizar a Manutenção



Exemplo de atuação da engenharia de produção:



Corretiva não Programada: Intervenção quando parar de funcionar.

A engenharia de manutenção pretende implantar uma Preventiva:

Componente	Falhas Possíveis	Intervalo de Ocorrência	Atuação da Manutenção
Carcaça	Corrosão Trincas	Anual Indeterminado	Limpeza Pintura
Retentores (4)	Vazamento	1000 Horas Em momentos ≠	Substituição dos quatro
Rolamentos (4)	Vibrações Folga	1500 Horas	Substituição dos quatro
Engrenagem: Pinhão Coroa	Em ambos: Folga e quebra por fadiga	2500 Horas 4000 Horas	Substituir Substituir
Óleo	Deterioração	Semestral	Substituir

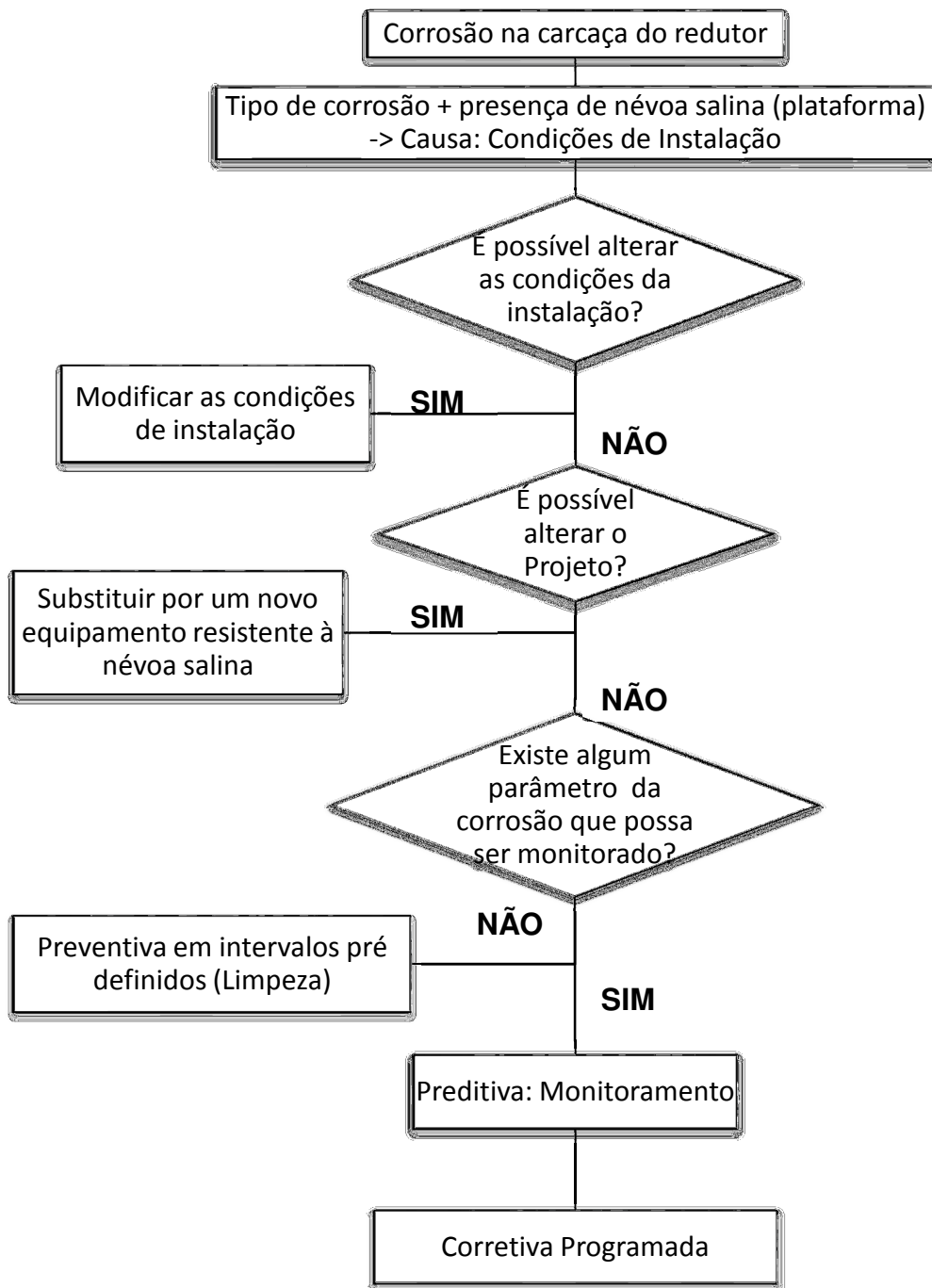
Um número de intervenções muito elevado → Baixa disponibilidade do equipamento.

Aumentar a disponibilidade ← Reduzir intervenções → Aumentar o intervalo

→ Engenharia de Manutenção:

Análise de Falhas → Causa das Falhas →

- Eliminar / reduzir
 - Projeto (materiais, dimensionamento, opções fabricante, qualidade, etc.)
 - Instalação (local, técnicas, qualidade)
 - Operação (pessoal, métodos, etc.)
- Monitorar parâmetros indicativos (Preditivos)



Exercício: Fazer a análise para as demais falhas possíveis.

Custos da Manutenção:

Estudos demonstram que os valores médios para cada tipo de manutenção varia segundo a tabela abaixo:

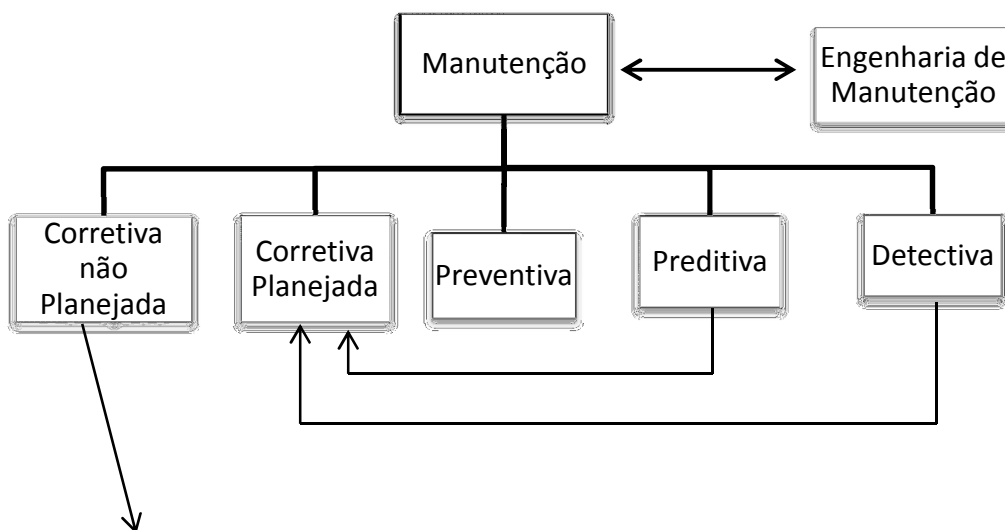
Corretiva não Planejada	2,5
Preventiva	1,5
Preditiva com Corretiva Planejada	1,0

Nota: Estes valores variam em função do tipo de equipamento.

Manutenção Eficaz → Corrige bem a falha quando ela ocorre.

Manutenção Eficiente → Impede a ocorrência da falha em um instante não planejado.

Esquema:



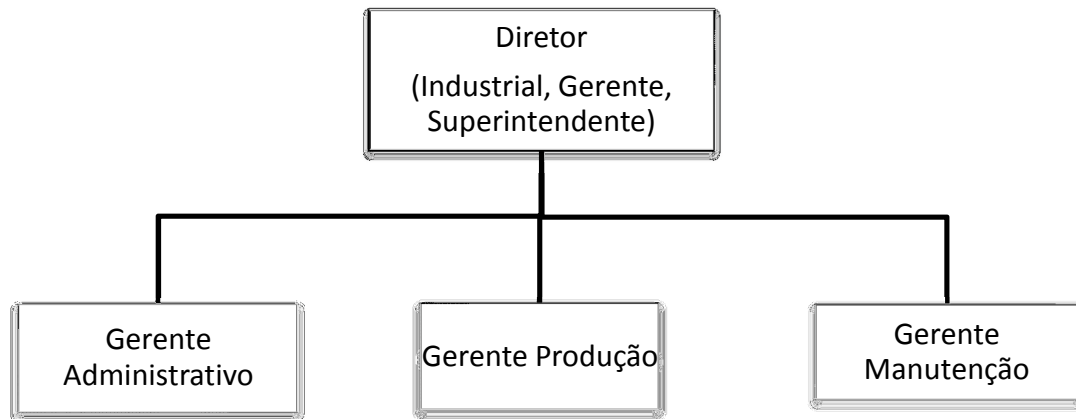
Pode existir para equipamentos cuja falha não gera problemas (existência de um equipamento reserva, fácil sobressalente, imprevisibilidade).

Exemplo: Furo do Pneu (com ou sem câmara)

- Pregos → limpeza da pista
- Ferrugem do aro → Manutenção

4 – PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Organograma:



Gerente de manutenção:

- Gerenciamento e Solução dos problemas na produção → Competitividade;
- Gerenciamento e Solução dos problemas de impacto ambiental e social → Responsabilidade Social;
- Interação com diversas outras áreas.

Custos Diretos: custos necessários para manter os equipamentos em operação → manutenção preventiva, preditiva, inspeções, lubrificação, corretiva (reparo).

Custos de Paradas Gerais: Controle específico.

Custos de Perda de Produção:

Custos Indiretos:

- Gerenciamento;
- Apoio administrativo;
- Engenharia de Manutenção;
- Etc.

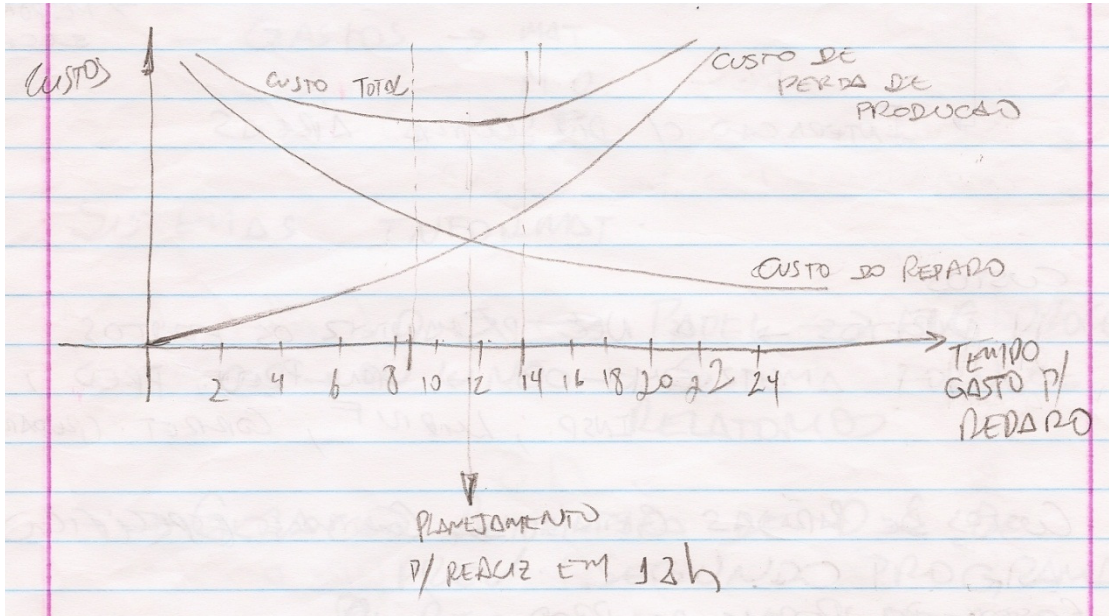
Custos Indiretos:

- Mão-de-Obra direta própria;
- Materiais:
 - Sobressalentes;

- Material de Consumo → graxa, óleo, lixa, desengraxante, produtos de limpeza, estopa, etc.

- Terceiros → Serviços Externos e Internos.

Análise de Custos em Manutenção:



Estrutura do Departamento de Manutenção:

Exemplo:

- Manutenção Mecânica (Oficina mecânica, Soldagem, etc.):
 - Equipamentos rotativos;
 - Caminhões (frota);
 - Instalação de utilidades.
- Manutenção Elétrica;
- Manutenção de Instrumentação/Automação;
- Manutenção Predial;
- Engenharia (Planejamento,...);

Ou ainda:

- Inspeção / Lubrificação / Limpeza;
- Regulagens / Ajustes.

Tipos Organizacionais:

- Engenharia de Manutenção subalterno à Engenharia;
- Engenharia de Manutenção subalterno ao Diretor/Gerente.

Controles de Manutenção

São sistemas manuais ou informatizados que buscam identificar:

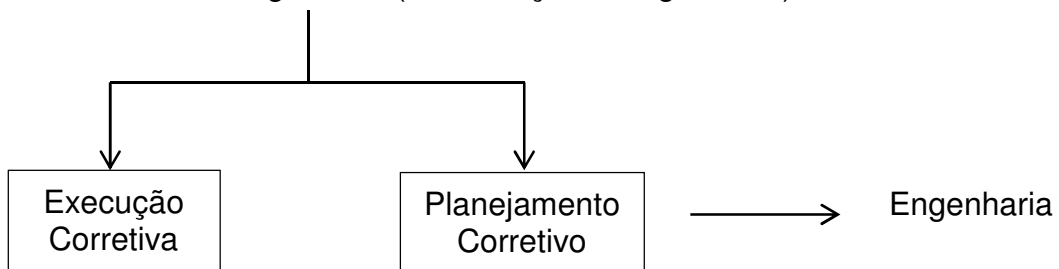
- Que serviços serão feitos;
- Quando;
- Recursos Necessários (pessoa, material, ferramenta, equipamento);
- Previsão do tempo gasto;
- Levantamento de custos.

A Ordem de Serviço (O.S.) ou Solicitação de Serviço (S.S.) ou S.S. → O.S.

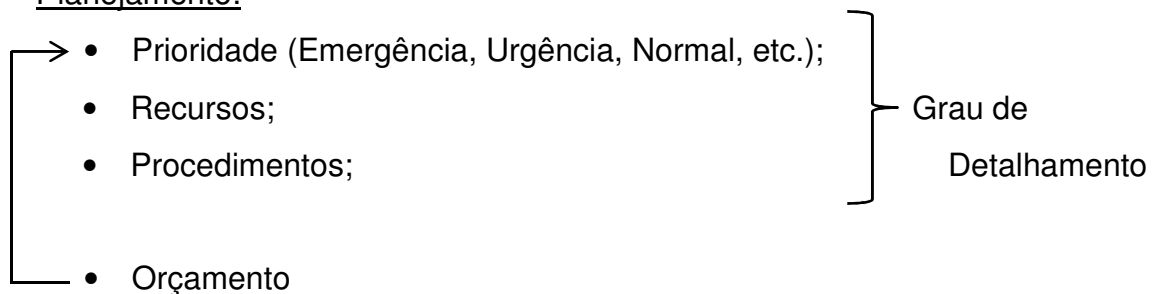
Ordem de Serviço → Corretiva, Preventiva, Preditiva, etc.

Deve constar:

- Solicitante: data, horário, serviço solicitado.
- Executante: Diagnóstico (Manutenção + Engenharia)



Planejamento:



Registros na O.S.:

- Detalhamento da Falha;
- Recursos Utilizados;
- Tempo Total → Tempos Parciais;
- Gastos:
 - Material;
 - Mão-de-Obra;

→ Terceiros.

Sistemas Informatizados:

O.S. → Papel → Engenharia Processa

O.S. → On-Line → Sistema Fornece Relatórios

→ Geração automática de O.S. de Preventiva segundo programação registrada no sistema.

→ Relatórios:

- Código de defeito – Ex: 01.02.001.01.053;
- Total de horas da parada – Preventiva/Corretiva;
- Total de homens hora.

5 – INDICADORES NA MANUTENÇÃO

Manutenibilidade OU Mantenibilidade – (Maintenability)

Indica maior ou menor grau de facilidade de execução de serviço de Manutenção.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\sum \text{Tempos de Operação (TO)}}{\sum \text{Tempos de Operação (TO)} + \sum \text{Tempos de Paradas (TP)}}$$

Mean Time Between Failure (MTBF):

$$MTBF = \frac{TO}{n}$$

Mean Time To Repair (MTTR):

$$MTTR = \frac{TP}{n}$$

Onde: n – número de intervenções.

6 – CONFIABILIDADE EM MANUTENÇÃO (*Reliability*)

É a probabilidade¹ de que um item desempenhe sua função requerida², por um intervalo de tempo⁴ estabelecido, sob condições definidas de uso³. (NBR 5462 – 1994)

- 1) Probabilidade (P) → Razão entre o número de ocorrências e o número de possibilidades, associados a um intervalo de tempo:

$$0 < \frac{N^{\circ} \text{ Ocorrências}}{N^{\circ} \text{ Possibilidades}} < 1$$

OU

$$0\% < P < 100\%$$

- 2) Função Requerida → Atendimento ao desempenho esperado (patamar admissível de queda de desempenho);
- 3) Condições Definidas de Uso → Condições de operação para os quais o equipamento foi projetado (ambiente, operador, etc.);
- 4) Intervalo de Tempo → Período definido e medido para controle:

TEMPOS ≠ → PROBLEMAS ≠ → CONFIABILIDADE ≠

7 –MANUTENÇÃO MODERNA

As praticas básicas na Manutenção Moderna são:

- Os 5S – Está na base da qualidade → Cultura → Desenvolver pessoas para pensarem no bem comum:
 - Seiri → Organização;
 - Seiton → Ordem;
 - Seiso → Limpeza;
 - Seiketsu → Asseio (higiene);
 - Shitsuke → Disciplina.
- TPM ou MTP – Manutenção Produtiva Total;
- Polivalência e Multiespecialização;
- MCC ou RCM – Manutenção Centrada em Confiabilidade.